Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 261-273

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۷۳-۲۶۱

مقاله پژوهشی

پاسخ مراحل فنولوژیک لاین‌های امیدبخش کینوا به دما و فتوپریود

شهاب اقبالی[1]، محسن جهان[2*]، مهدی نصیری محلاتی[3]، معصومه صالحی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۵

چکیده

از عوامل مهم در سازگاری گیاهان به شرایط محیطی جدید، تطابق مناسب مراحل نموی و امکان پیش‌بینی آن است. کینوا (*Chenopodium quinoa*, Willd) از خانواده تاج خروسیان، گیاهی شبه‌غله‌ای یک‌ساله، با قابلیت‌های بالا برای کشت در اغلب مناطق جهان به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک است. افزایش تنوع در گونه‌های گیاهی مورد کشت و کار می‌تواند راهکاری حیاتی در مقابله با تغییرات اقلیمی و ایجاد ظرفیت مناسب تولید، به لحاظ کمی و کیفی در سبد غذایی باشد. این تحقیق در ۱۰ آزمایش جداگانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شهر یزد انجام شد. تیمار آزمایشی شامل ۵ لاین امیدبخش و شاهد بود. ۱۰ تاریخ‌های کاشت شامل: ۹ فروردین، ۹ اردیبهشت، ۷ خرداد، ۷ تیر، ۴ مرداد، ۱ شهریور، ۱۴ شهریور، ۲۹ شهریور، ۹ بهمن و ۱۰ اسفند بود. هر سه روز، مراحل فنولوژیک هر لاین شامل فاصله زمانی کاشت تا هر مرحله از نمو شامل سبز شدن، چهار برگی، ظهور جوانه گل، تشکیل پانیکول، گرده‌افشانی، خمیری دانه، سفت شدن دانه و تغییر رنگ ثبت شد. نتایج نشان داد که میانگین دماهای مرحله گلدهی تا تشکیل بذر در ۵ لاین بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در لاین ۶ بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین طول روزهای مرحله گلدهی تا تشکیل بذر لاین ها بین ۱۲ تا ۱۲/۵ ساعت بود. رابطه بین دما و طول روز از لحاظ تأثیر بر مقدار درجه روز رشد گلدهی عکس یکدیگر بود، به‌طوری که با کاهش طول روز و افزایش دما، مقدار درجه روز رشد گلدهی افزایش یافت. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش، روز کوتاهی کینوا را تأیید کرد و نشان داد که این گیاه از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه، تحت تاثیر طول روز قرار می گیرد. همچنین، نتایج نشان داد که لاین ۶، برای کشت در مناطق سردسیر مناسب‌تر از سایر لاین‌ها است.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، درجه روز رشد، زمان حرارتی، زودرس، طول روز

مقدمه

فنولوژی، مطالعه نمو گیاه در رابطه با آب و هوا می‌باشد. دانش نمو فنولوژیک در درک رشد محصول، پتانسیل عملکرد و پیش‌بینی فنولوژی مهم است. اطمینان از حداکثر انطباق فنولوژی گیاه زراعی با منابع محیطی، اولین گام برای به حداکثر رساندن عملکرد در مدیریت تولید یا اصلاح ژنتیکی گیاهان است. تشعشع، آب، مواد غذایی، دما و طول روز از مهم‌ترین عوامل محیطی هستند که بر مراحل نمو فنولوژیک در گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارند. اثر این عوامل به‌طور مشخصی بین فرآیندهای نموی و رشدی متفاوت است. مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر نمو فنولوژیک در شرایط عدم محدودیت آب، دما و طول روز می‌باشند (Bertero, 2003).

از عوامل مهم در سازگاری گیاهان به شرایط محیطی جدید، بررسی مراحل دوره نمو است. از طرف دیگر، نگرانی‌هایی که در اثر تغییر اقلیم در کشاورزی جهان وجود دارد، از جمله تغییر در شرایط رشدی و نموی گیاهان، سبب به‌وجود آمدن تغییراتی در سیستم تولید شده است. تاکید شده است که افزایش تنوع در گونه‌های گیاهی مورد کشت و کار می‌تواند یک راهکار مناسب در مقابل چنین فشاری باشد که علاوه بر تحمل تغییرات اقلیمی، می‌تواند یک ظرفیت مناسب تولید چه به لحاظ کمی و کیفی در سبد غذایی ایجاد نماید (Karina *et al*., 2014).

کینوا (*Chenopodium quinoa*, Willd) از خانواده تاج خروسیان، یک محصول شبه‌غله‌ای با قابلیت‌های بالا برای کشت در اغلب مناطق جهان به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این گیاه، شورزیست اختیاری است که از حدود ۵۰۰۰ سال پیش در منطقه کوه‌های آند در بولیوی کشت می‌شده است (Adolf *et al*., 2013). در صورتی که کینوا در الگوی کشت مناطق شور قرار گیرد، علاوه بر افزایش سطح زیر کشت گیاهان علوفه‌ای، موجب افزایش درآمد خانوارهای کشاورزان، بهبود امنیت غذایی و صرفه‌جویی در منابع آب شیرین خواهد شد (Nanduri *et al*., 2019). به دلیل تنوع اقلیمی بالا در ایران، تعیین تاریخ کاشت مناسب از مهم‌ترین عملیات زراعی به‌منظور بهبود درصد سبز و دستیابی به حداکثر عملکرد در این گیاه است. دما و فتوپریود از عوامل تاثیرگذار بر رشد و عملکرد کینوا است

۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.69051.1032

و تعیین تاریخ کاشت مناسب بیشترین تاثیر در رشد و عملکرد کینوا دارد (Hirich *et al.*, 2014). تاریخ کاشت مناسب کینوا بستگی زیادی به دو عامل اقلیم و رقم دارد (Gonzalez *et al.*, 2009). با توجه به اقلیم و رقم، امکان کشت زود بهاره، تابستانه و پاییزه کینوا در مناطق مختلف کشور وجود دارد. تاثیر فتوپریود بر گلدهی و تشکیل دانه با انتقال دوره رشد و نمو کینوا از روزهای کوتاه به روزهای بلند و یا بالعکس از روزهای بلند به روزهای کوتاه متفاوت است (Christiansen *et al.*, 2010). مدت زمان ظهور جوانه گل کینوا در فتوپریود ۱۴ ساعت طولانی‌تر از فتوپریود ۱۰ ساعت است و در روزهای بلند تعداد برگ بیشتری خواهد داشت (Bertero, 2003). کینوا گیاهی است که با توجه به منشا اقلیمی، رفتار متفاوتی برای سازگاری با دما دارد (Bertero, 2017). با مطالعه دو سطح دمایی ۸ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد و ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی نمو فنولوژیکی کینوا نشان دادند که دما در ترکیب با سایر عوامل غیر زیستی باعث تغییر در نمو فیزیولوژیک و رفتارهای فنولوژی می‌شود (Yang *et al.*, 2016). بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی واکنش مراحل نموی لاین‌های امید بخش کینوا اصلاح شده در مرکز تحقیقات شوری یزد، به دما و فتوپریود با اجرای تاریخ کاشت‌های مختلف انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ۱۰ آزمایش جداگانه و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه شخصی کشاورزی در شهر یزد با طول و عرض جغرافیایی ′۵۵°۳۱ و ′۲۱°۵۴ در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجراشد. تیمار آزمایشی شامل پنج لاین امید بخش اصلاح شده در مرکز تحقیقات شوری یزد به‌همراه رقم تی تی کاکا بود. لاین‌ها شامل چهار لاین متوسط رس که در این آزمایش با شماره‌های ۱ (NSRCQE)، ۲ (NSRCQC)، ۳ (NSRCQD) و ۶ (NSRCQA)، یک لاین دیررس که با شماره ۴ (NSRCQB) و رقم زودرس تی تی کاکا که با شماره ۵ مشخص شد، بودند. تاریخ‌های کاشت از فروردین تا اسفند، هر ماه یک تاریخ کاشت ترجیحاً در نیمه اول ماه اجرا شد (۹ فروردین، ۹ اردیبهشت، ۷ خرداد، ۷ تیر، ۴ مرداد، ۱ شهریور، ۱۴ شهریور، ۲۹ شهریور، ۹ بهمن و ۱۰ اسفند). تاریخ‌های کاشت متوالی اجرا شده الزاماً نشان‌دهنده‌ی تاریخ‌های کاشت متداول نیستند، بلکه به‌منظور ایجاد رژیم‌های مختلف دمایی و فتوپریودی انتخاب شدند. در سه ماه آبان، آذر و دی، به دلیل سرمای زیاد، تاریخ کاشتی انجام نشد. از آن‌جایی که تاریخ کاشت اصلی گیاه کینوا در منطقه یزد، شهریور ماه است (Salehi *et al.*, 2019)، بنابراین دو تاریخ کاشت در شهریور ماه (نیمه اول و نیمه دوم شهریور) اجرا شد. زمین مورد آزمایش بعد از شخم برگرداندار، تسطیح و کرت‌بندی شد. کاشت به‌صورت دستی در کرت‌هایی به ابعاد سه در سه متر با فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. بعد از سبز شدن، تراکم بوته به ۶۴ بوته در مترمربع رسید (Salehi *et al.*, 2019). آبیاری، کوددهی و مدیریت آفات مطابق عرف منطقه و برحسب نیاز و مدیریت مطلوب انجام شد. نمونه‌گیری و یادداشت‌برداری‌ها به‌طور مرتب، هر سه روز یکبار و متناسب با پیشرفت مراحل فنولوژیک هر لاین انجام شد. فاصله کاشت تا هر مرحله از نمو شامل سبز شدن، چهار برگی، ظهور جوانه گل، تشکیل پانیکول، گرده‌افشانی، خمیری بذر، سفت شدن دانه‌ها و تغییر رنگ مطابق جدول ۱ ثبت شد.

جدول ۱- زمان وقوع مراحل مختلف فنولوژی کینوا (Salehi *et al.*, 2019)

Table 1- Time of occurrence of different stages of quinoa phenology

مرحله نموی Developmental stage	زمان وقوع Description
سبز شدن Emergence	زمانی که ۵۰ درصد بذرهای کاشته شده سبز شده باشند The time to reach of 50% of the seedling are emergenced
۴ برگی 4 leaves	زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها دارای ۴برگ حقیقی باشند The time to reach of 50% of the plants have four leaves
ظهور جوانه گل Floral bud appearance	زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها دارای جوانه‌ایی به قطر ۳-۲ میلی‌متر در انتهای بوته باشد The time to reach of 50% of the plants have a bud 2-3 mm in diameter at the end of the plant
ظهور پانیکول Panic formation	زمانی که در ۵۰ درصد از بوته‌ها پانیکول از برگ‌های انتهایی فاصله گرفته و به‌طور کامل مشاهده شود The time to reach of 50% of the plants have panicle away from the terminal leaves is fully visible
گرده‌افشانی Flowering	زمانی که در ۵۰ درصد از بوته‌ها پانیکول دارای گرده‌های زرد رنگ باشند The time to reach of 50% of plants have panicle with yellow pollens
خمیری نرم بذر Fruit development	زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها دارای بذرهای خمیری نرم باشند The time to reach of 50% of plants have soft doughy grains
سفت شدن دانه‌ها Ripening/maturity fruit	زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها دارای بذرهای خمیری سفت باشند The time to reach of 50% of plants have hard doughy grains
تغییر رنگ Senescence	زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها تغییر رنگ داده باشند The time to reach of 50% of plants are with changed color

برای محاسبه طول روز از روش کسلینگ استفاده شد (Keisling, 1982). دمای روزانه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل کشت تهیه شد. برخی پارامترهای گیاهی نظیر مجموع درجه روز رشد (GDD) برای مراحل مختلف نموی و در هر تاریخ کاشت پس از محاسبه روز تا هر یک از مراحل فنولوژی، با استفاده از رابطه‌های (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شد (Soltani, 2009). برای بررسی روابط نموی از روابط (۴)، (۵) و (۶) استفاده شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار MS-Excel انجام شد.

$$TMP=(Tmax+Tmin)/2 \quad (۱)$$

$$DTTi=TMPi-Tb \quad (۲)$$

$$TTi=TTi-1+DTTi \quad (۳)$$

$$Y= a+bx \quad (۴)$$

$$Y= a+bx+cx^2 \quad (۵)$$

$$Y= a+bx+cx^2+dy+ey^2 \quad (۶)$$

که در این معادلات TMP میانگین دمای روزانه، T_{max} حداکثر دمای روزانه، T_{min} حداقل دمای روزانه، T_b دمای پایه (در این مطالعه ۲ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد)، DTT درجه روز رشد روزانه، TT درجه روز رشد تجمعی، i روز مورد نظر برای محاسبه روز i ام و i-1 روز قبل از آن هستند.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بیشینه دمای مرحله گلدهی تا تشکیل بذر در لاین‌های ۱تا ۵، ۳۵ درجه سانتی‌گراد و در لاین ۶ کمتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. کمینه دمای مرحله گلدهی تا تشکیل بذر در تمام لاین‌ها بین ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین و میانه دماهای گلدهی تا تشکیل بذر در ۵ لاین بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در لاین ۶ بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۱). احتمال می‌رود که فنولوژی لاین ۶ نسبت به سایر لاین‌ها به شرایط آب و هوای خنک‌تر نیاز دارد. هریچ و همکاران (Hirich *et al.* 2014) در آزمایش‌های گلخانه‌ای بررسی اثرات دما بر لاین‌های کینوا، محدوده دماهای بین ۲۴ تا ۳۵ درجه را در نظر گرفتند که مشابه دماهای لازم در شرایط مزرعه است.

اجرای تاریخ کاشت‌های مختلف نشان داد که از تاریخ کاشت اسفند تا خرداد، روند افزایشی دما و از تاریخ کاشت تیر تا مهر، روند کاهشی دما در مراحل فنولوژی لاین‌های کینوا وجود داشت. مرحله نموی گلدهی تا برداشت در لاین‌های متوسطرس ۱، ۲، ۳ و لاین دیررس ۴ از تاریخ کاشت اسفند تا خرداد در دماهای بین ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد رخ داد و از تاریخ کاشت تیرماه تا شهریورماه در دماهای بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به وقوع پیوست. مرحله نموی گلدهی تا برداشت رقم زودرس ۵ از تاریخ کاشت اسفند تا خردادماه در دمای بین ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد و از تاریخ کاشت تیر تا شهریور در دماهای بین ۱۵ تا ۳۰ درجه به وقوع پیوست. مرحله نموی گلدهی تا برداشت لاین متوسط رس ۶ از تاریخ کاشت اسفند تا اردیبهشت انجام نشد و از تاریخ کاشت خرداد تا مهرماه در دماهای بین ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به وقوع پیوست (شکل ۱). احتمال می‌رود که مراحل نموی این لاین نسبت به سایر لاین‌ها به دما حساسیت بیشتری داشته باشد.

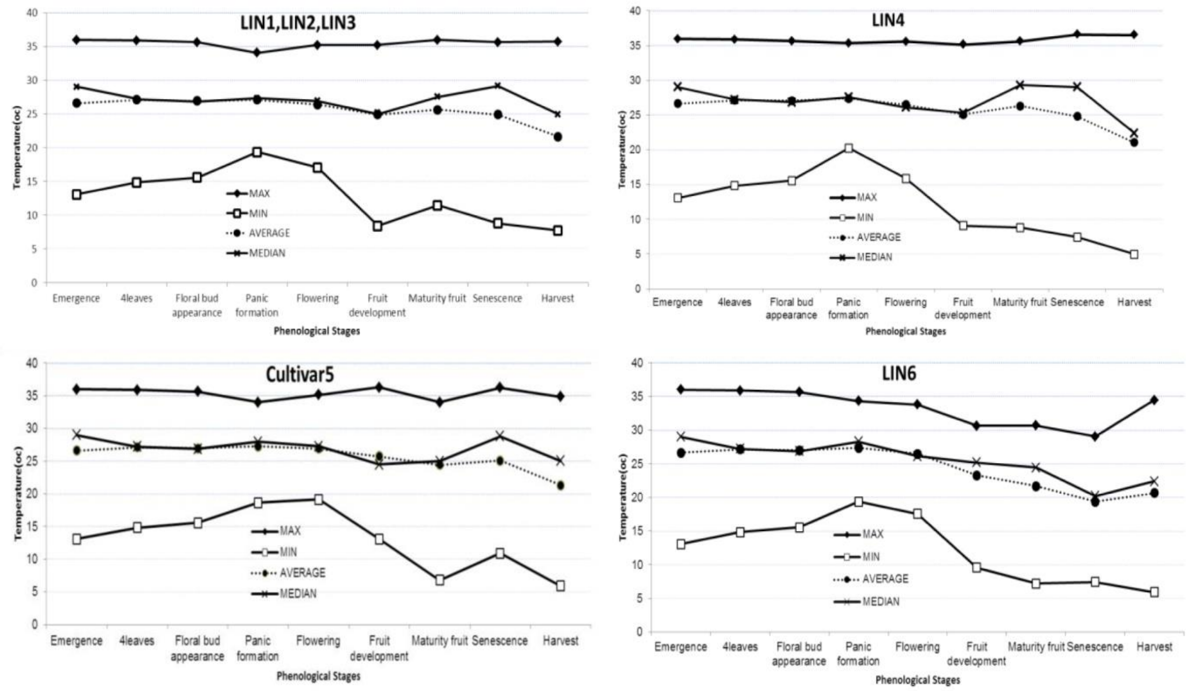
نتایج نشان داد که تمام مراحل نموی لاین‌های کینوا از تاریخ کاشت تیر تا مهرماه، در دماهای کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در دو تاریخ کاشت شهریور، اختلاف دما بین مراحل نموی، بیشتر از سایر تاریخ کاشت‌ها بود. در تاریخ کاشت اردیبهشت و خرداد، حداقل اختلاف دما بین مراحل مختلف نموی وجود داشت به نحوی که در تاریخ کاشت خرداد اختلاف دمایی بین مراحل مختلف نموی در لاین‌های کینوا به استثنای لاین ۶ مشاهده نشد (شکل ۲). احتمال می‌رود که در تاریخ کاشت خرداد، مراحل نموی صرفاً تحت تأثیر طول روز به وقوع پیوسته باشند زیرا در این تاریخ کاشت بین مراحل نموی تنها اختلاف طول روز مشاهد شد (شکل ۵). مرحله نموی غنچه‌دهی و گلدهی در تمام لاین‌ها از تاریخ کاشت اسفند تا خرداد کمترین نیاز دمایی و از تیر تا مهر بیشترین نیاز دمایی داشت (شکل ۲). احتمال می‌رود با افزایش طول روز نیاز دمایی گلدهی کم و با کاهش طول روز نیاز دمایی گلدهی افزایش یابد.

بررسی روابط رگرسیونی بین دما و تعداد روز لازم برای وقوع مرحله گلدهی، نشان داد که با افزایش دما تعداد روز لازم برای گلدهی در تمام لاین‌ها تا یک دمای معینی افزایش و سپس کاهش یافت. زمان لازم تا گلدهی در دماهای بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در رقم زودرس ۵ حدود ۳۵ روز، لاین‌های متوسطرس ۱، ۲، ۳ و ۶ حدود ۴۰ روز و لاین دیررس ۴ حدود ۴۵ روز بود. در دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد، روند کاهشی در تعداد روز لازم برای گلدهی مشاهده شد (شکل ۳).

بررسی تغییرات طول روز در طول فصل رشد نشان داد که مراحل گلدهی و تشکیل دانه در لاین‌های متوسطرس ۱، ۲، ۳، لاین دیررس ۴ و رقم زودرس ۵ در بیشینه طول روز ۱۴ ساعت و کمینه طول روز بین ۱۰ تا ۱۰/۵ ساعت به وقوع پیوست. میانگین و میانه طول روزهای گلدهی و تشکیل بذر این لاین‌ها بین ۱۲ تا ۱۲/۵ ساعت بود (شکل ۴). این نتایج با تحقیقات انجام شده در آزمایشگاه توسط کریستیانسن (Christiansen, 2010) روی واکنش گلدهی کینوا به طول روز مطابقت دارد.

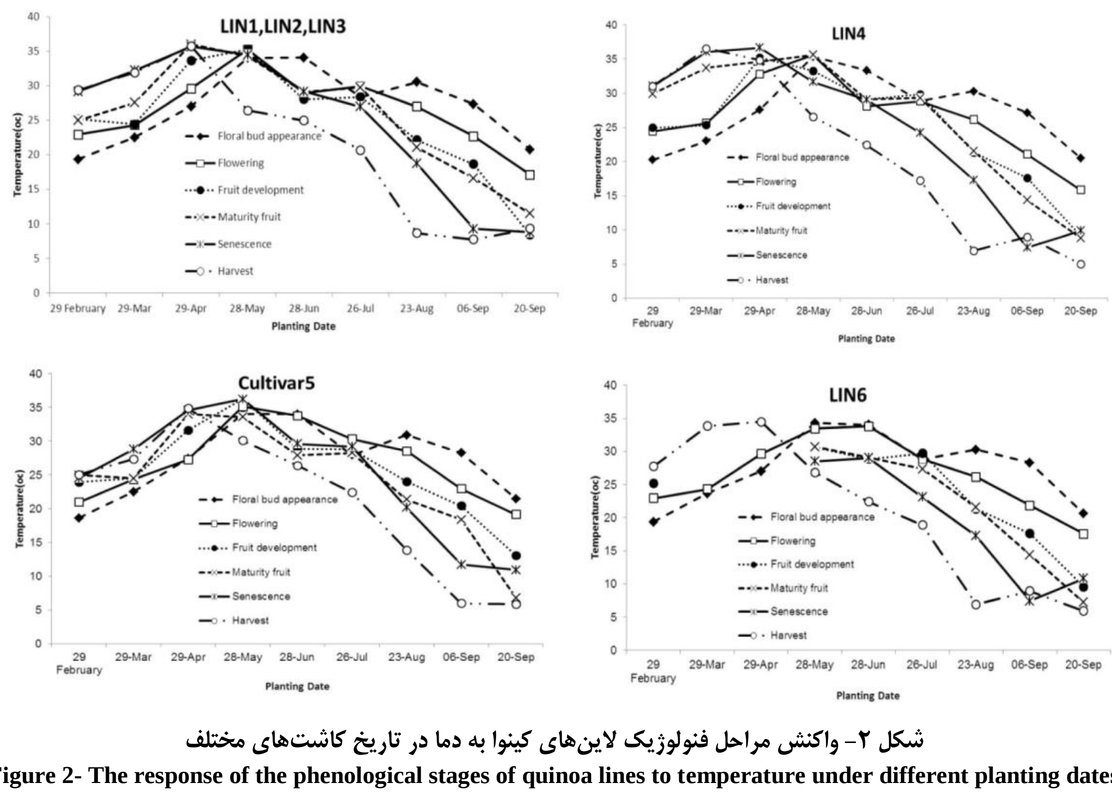
گلدهی و تشکیل بذر در لاین متوسط رس ۶، در بیشینه طول روز بین ۱۲ تا ۱۴ ساعت و کمینه طول روز بین ۱۰ تا ۱۰/۵ ساعت انجام شد. میانگین و میانه طول روزهای تمام مراحل این لاین بین ۱۱ تا

۱۳ ساعت بود. میانگین و میانه طول روز مرحله گلدهی و تشکیل دانه این لاین بین ۱۱ تـا ۱۲/۵ سـاعت بـود (شـکل ۴). احتمـال مـی‌رود واکنش مراحل نموی در لاین ۶ به طول روز زیاد اسـت و از نـوع روز کوتاه کیفی باشد.



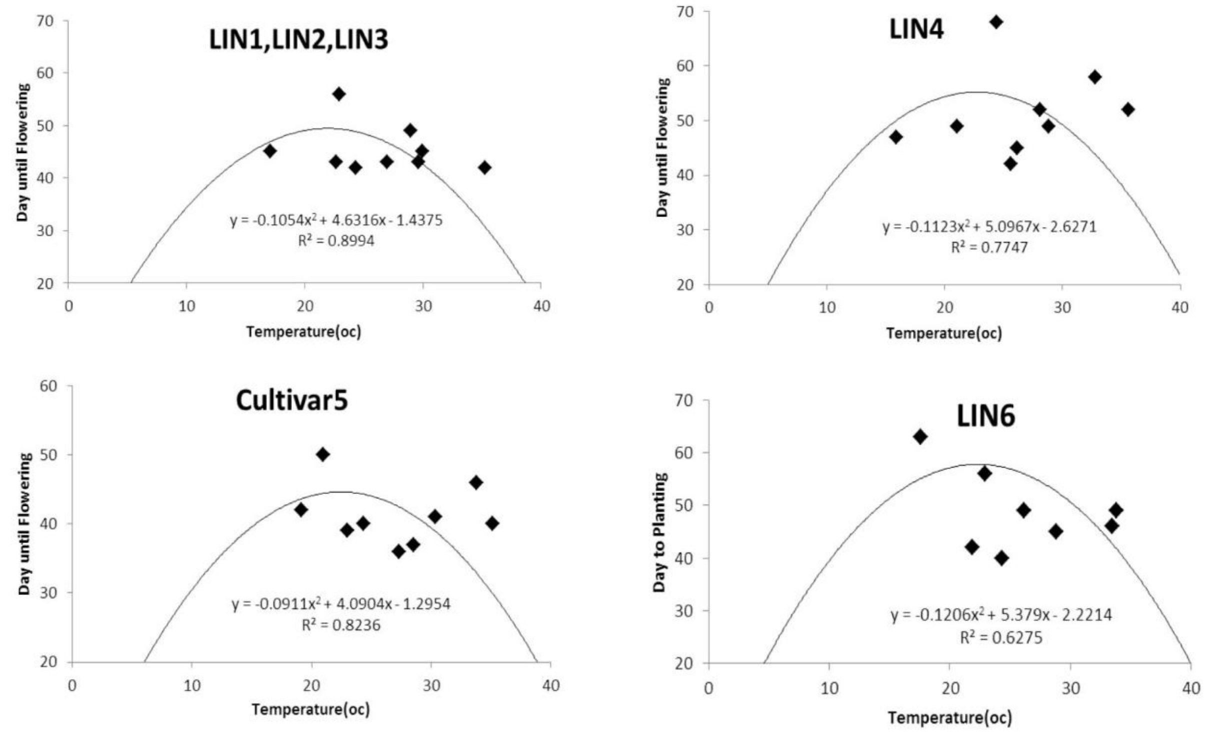
شکل ۱- واکنش مراحل فنولوژیک لاین‌های کینوا به دما

Figure 1- The response of the phenological stages of quinoa lines to temperature



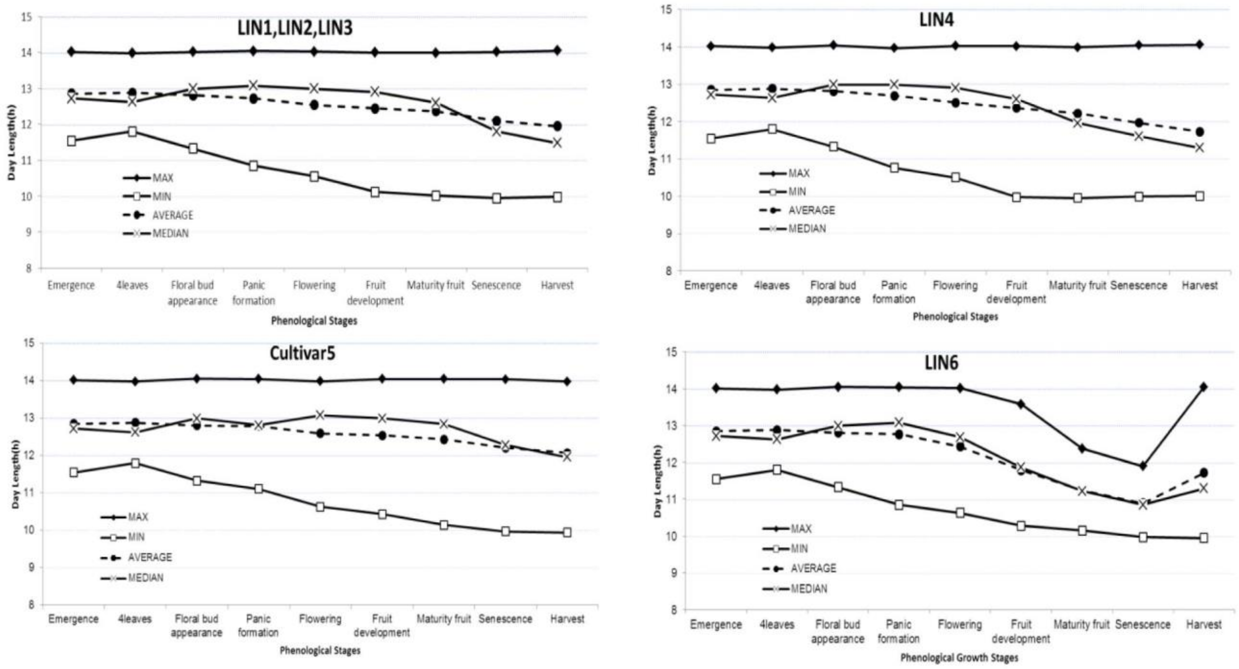
شکل ۲- واکنش مراحل فنولوژیک لاین‌های کینوا به دما در تاریخ کاشت‌های مختلف

Figure 2- The response of the phenological stages of quinoa lines to temperature under different planting dates



شکل ۳- رابطه دما و تعداد روز لازم تا وقوع مرحله گلدهی برای لاین‌های کینوا

Figure 3- The relationship between temperature and number of days until flowering stage for quinoa lines



شکل ٤- تغییرات طول روز در مراحل مختلف فنولوژی لاین‌های کینوا

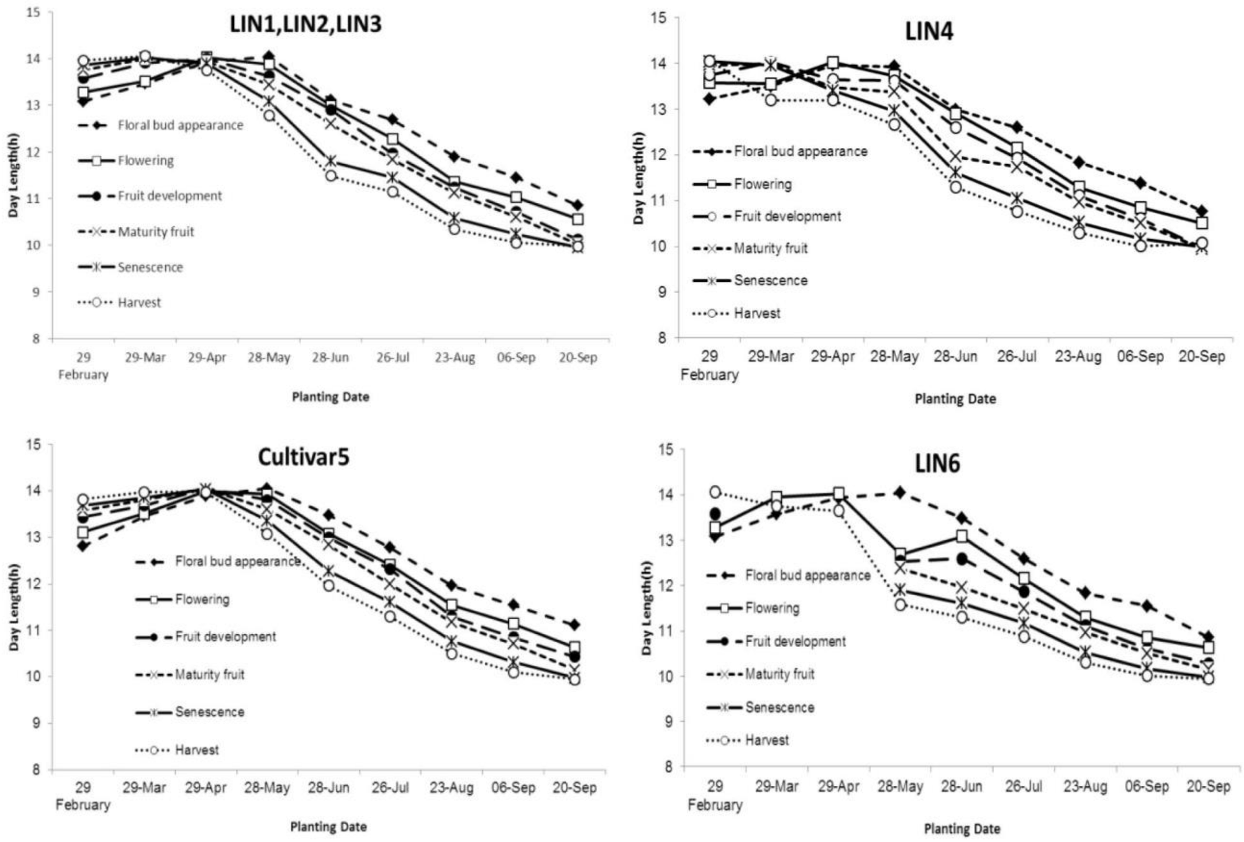
Figure 4- The changes of day length in different stages of quinoa line phenology

بررسی تغییرات طول روز از سبز شدن تا برداشت نشان داد که در تاریخ کاشت‌های اسفند تا خرداد، روند طول روز افزایشی و از تاریخ کاشت تیر تا مهر، روند طول روز کاهشی مشاهده بود. مرحله نموی گلدهی تا برداشت از تاریخ کاشت اسفند تا خردادماه در رقم زودرس

۵، لاین‌های متوسطرس ۱، ۲، ۳ و لاین دیررس ۴ در طول روزهـای بلندتر از ۱۳ ساعت به وقوع پیوست و از تاریخ کاشت تیرماه تا مهرماه در طول روزهای کمتر از ۱۳ ساعت رخ داد. از تاریخ کاشت اسـفند تـا اردیبهشت در لاین‌های ۱، ۲، ۳ و رقم ۵ مرحله گلدهی تا برداشت در طول روز ۱۴ ساعت به وقوع پیوست. احتمـال مـی‌رود کـه بـه دلیـل متوسط و زودرس بودن لاین‌های مـذکور (۱، ۲، ۳ و رقـم ۵) امکـان گذر از روزهای بلند را نداشتند؛ اما همین مرحله برای لاین دیررس ۴ در طول روزهای کمتر از ۱۴ ساعت به وقوع پیوست. مرحلـه گلـدهی تا برداشت لاین متوسط رس ۶ از اسفند تا خرداد بـه وقـوع نپیوسـت، زیرا طول روزها بلندتر از ۱۳ ساعت بود و از تـاریخ کاشـت خـرداد تـا مهرماه همین مرحله به‌طور کامل رخ نداد، زیرا طـول روزهـا کمتـر از ۱۳ ساعت بود (شکل ۵).

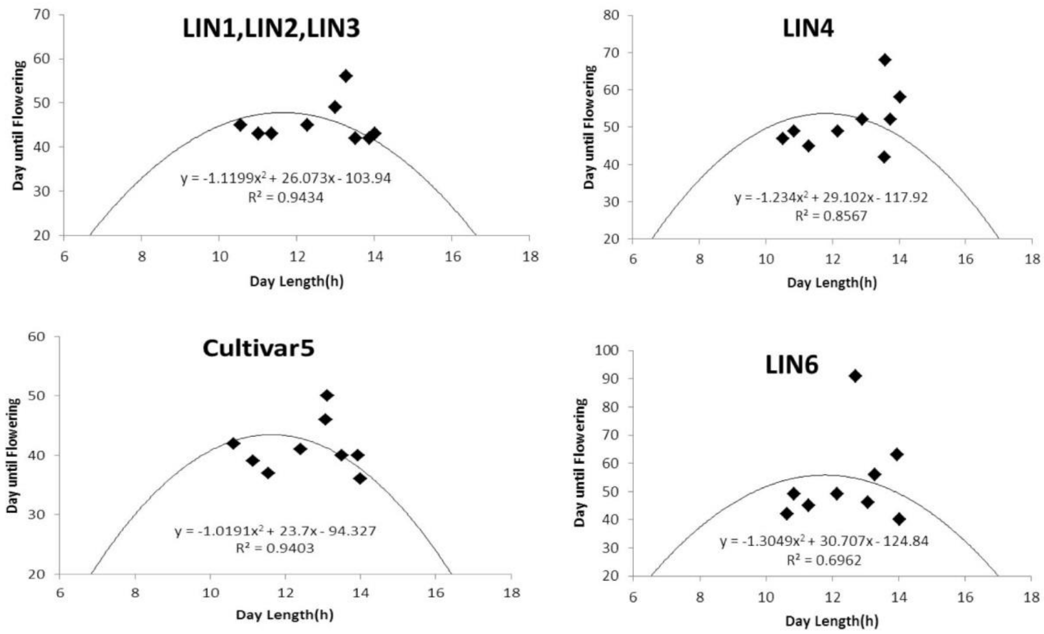
نتایج نشان داد که مرحلـه نمـوی گلـدهی تـا برداشـت در تمـام لاین‌ها از تاریخ کاشت تیر تا مهر در طول روز کمتر از ۱۳ ساعت بـه وقوع پیوست. از تاریخ کاشت اسفند تا اردیبهشت، مراحل نمو لاین‌هـا در طول روز بیشـتر از ۱۳ سـاعت رخ داد، بـه اسـتثنای لایـن ۶ کـه تشکیل دانه به‌دلیل قرار گرفتن در طول روزهای بیشـتر از ۱۳ انجـام نشد. از نظر طول روز، بین مراحل نمـو در تـاریخ کاشـت اردیبهشـت لاین‌های متوسط رس ۱، ۲، ۳، ۶ و رقم زودرس ۵ اختلافی مشـاهده نشد (شکل ۵). احتمـال مـی‌رود کـه واکـنش نمـو در تـاریخ کاشـت اردیبهشت صرفاً به دما مرتبط باشد. سـایر محققـین بیـان کردنـد در طول روزهای بلند واکنش نمو کینوا تحت تاثیر دمـا انجـام مـی‌شـود (Lavini *et al.*, 2014).

نتایج حاکی از آن بود که در تمـام لایـن‌هـا و در طـول روزهـای کوتاه‌تر از ۱۳ ساعت، با افزایش طول روز یک روند افزایشی در تعـداد روز تا گلدهی مشاهده شد. در طول روزهـای بلنـدتر از ۱۳ سـاعت در تعداد روز تا گلدهی، روند یکسانی مشاهده نشد، با این‌حال به‌طور کلی روند عمدتاً کاهشی بود (شکل ۶). نتایج تحقیقـات برتـرو (Bertero, 2003) نشان داد که طول روز از طریق تأثیر بر تعـداد روز لازم بـرای گلدهی بر نمو گیاه کینوا موثر است.



شکل ۵- روند تغییرات مراحل فنولوژیک کینوا تحت تأثیر طول روز در تاریخ کاشت‌های مختلف

Figure 5- The trend of changes in quinoa phenological stages under the influence of day length under different planting dates



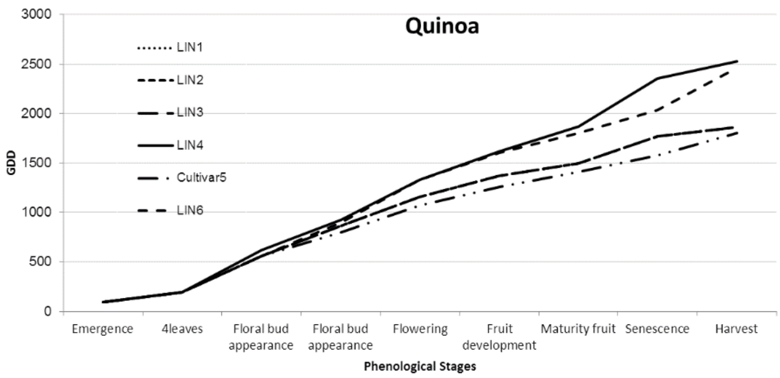
شکل ٦- رابطه بین طول روز و تعداد روز تا گلدهی در لاین‌های کینوا

Figure 6- The relationship between day length and number of days to flowering in quinoa lines

نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که کل درجه روز رشد لازم برای رشد و نمو کینوا بین ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ می‌باشد (García-Parra *et al.*, 2020). از مرحله غنچه‌دهی تا انتهای مرحله رشد، اختلاف درجه روز رشد قابل توجهی برای نمو لاین‌ها مشاهده شد (شکل ۷). درجه روز رشد نمو کینوا در لاین دیررس ۴ بیشترین مقدار (۲۵۳۰ درجه روز) و در رقم زودرس ۵ کمترین مقدار (۱۸۰۵ درجه روز) بود.

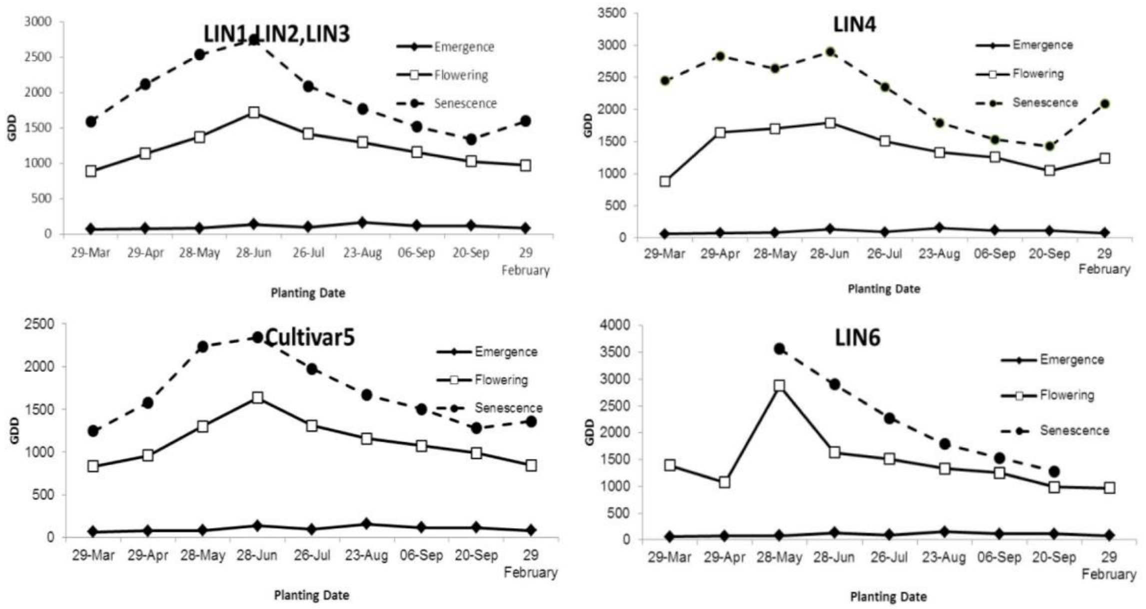
تاثیر تاریخ کاشت بر درجه روز رشد مورد نیاز برای مراحل نموی کینوا (سبز شدن، گلدهی و رسیدگی دانه) نشان داد که درجه روز رشد سبز شدن در تمامی تاریخ کاشت‌ها یکسان بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که درجه روز رشد سبز شدن کینوا فقط تحت تاثیر دما می‌باشد. سایر محققین (Salehi *et al.*, 2019; Jacobsen and Bach, 1998) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند.

تاریخ کاشت‌های مختلف درجه روز رشد گلدهی و رسیدگی دانه متفاوت بود (شکل ۸). احتمال می‌رود که مراحل نمو گلدهی و رسیدگی دانه تحت تاثیر فتوپریود باشند (Salehi *et al.*, 2019). در تمامی لاین‌ها به استثنای لاین ۴ درجه روز رشد مورد نیاز در تاریخ کاشت‌های اسفند تا اردیبهشت با تاریخ کاشت نیمه دوم شهریور و مهر به هم نزدیک است که این موضوع نشان‌دهنده‌ی تاثیر یکسان فتوپریود در این تاریخ کاشت‌ها می‌باشد (شکل ۸). احتمال می‌رود که نمو در این تاریخ کاشت‌ها بیشتر تحت تاثیر دما بود. در تاریخ کاشت تیر، درجه روز رشد گلدهی در همه لاین‌ها افزایش زیاد نشان داد که دلیل احتمالی آن می‌تواند وقوع دماهای بالا در این زمان از طول سال باشد (شکل ۸).



شکل ۷- درجه روز رشد مراحل نموی لاین‌های کینوا

Figure 7- The GDD of phenological stages of the quinoa lines



شکل ۸- تاثیر تاریخ کاشت بر درجه روز رشد نمو لاین‌های کینوا
Figure 8- The effect of planting date on the GDD of quinoa lines

نتایج نشان داد که کمترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی لاین‌های ۱، ۲ و ۳ مربوط به تاریخ کاشت‌های نیمه دوم شهریور و مهر بود و بیشترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی به تاریخ کاشت‌های خرداد و تیر تعلق داشت. مشاهده شد که درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی در تاریخ کاشت‌های مرداد و ابتدای شهریور نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها در حد وسط بود (شکل ۹). احتمال می‌رود که این دو تاریخ کاشت برای این سه لاین با توجه به متوسطرس بودن آن‌ها برای کاشت مناسب‌تر باشد.

کمترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی لاین ۴ مربوط به تاریخ کاشت‌های مهر و نیمه دوم شهریور بود. بیشترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی به تاریخ کاشت‌های اردیبهشت و تیر تعلق داشت، همچنین مشاهده شد درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی در تاریخ کاشت‌های اسفند و مرداد حد وسط سایر تاریخ کاشت‌ها بود (شکل ۹). احتمال می‌رود این دو تاریخ برای کاشت لاین ۴ با توجه به دیررس بودن آن مناسب‌تر باشد.

کمترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی رقم ۵ مربوط به تاریخ کاشت‌های فروردین و مهر بود. بیشترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی به تاریخ کاشت‌های خرداد و تیر تعلق داشت، همچنین مشاهده شد که در تاریخ کاشت‌های اردیبهشت و ابتدای شهریور درجه روز رشد تجمعی مراحل نمو حد وسط سایر تاریخ کاشت‌ها بود (شکل ۹). احتمال می‌رود با توجه به زودرس بودن رقم ۵، این دو تاریخ کاشت برای آن مناسب‌تر باشد.

کمترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی لاین ۶ مربوط به تاریخ کاشت‌های نیمه دوم شهریور و مهر بود. بیشترین درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی به تاریخ کاشت‌های خرداد و تیر تعلق داشت. نتایج حاکی از آن بود که در تاریخ کاشت‌های مرداد و ابتدای شهریور، درجه روز رشد تجمعی مراحل نموی حد وسط سایر تاریخ کاشت‌ها بود (شکل ۹). به نظر می‌رسد که این دو تاریخ کاشت با توجه به متوسطرس بودن این لاین برای کاشت مناسب‌تر باشد. سایر محققین نیز بیان کردند که بین ژنوتیپ‌های مختلف تنوع زیادی در میزان درجه روز رشد دریافتی وجود دارد (Bertero, 2003).

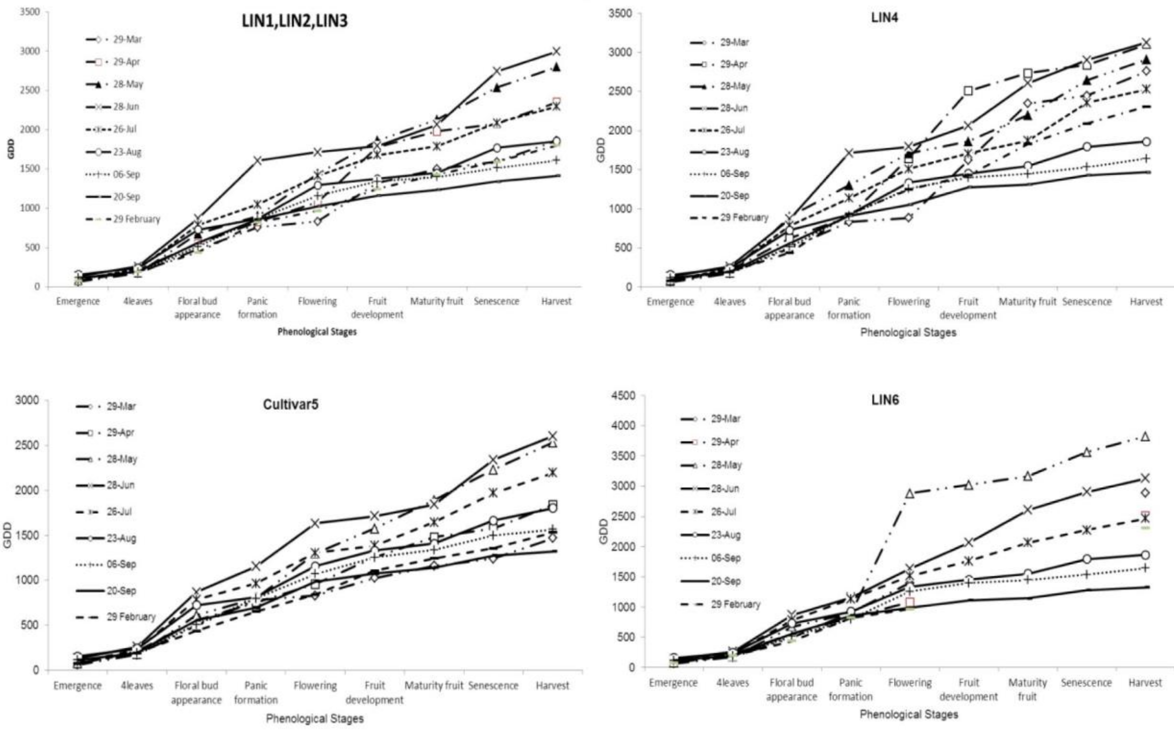
بررسی اثر تاریخ کاشت بر درجه روز رشد لاین‌های کینوا نشان داد که از تاریخ کاشت اسفند تا تیر، روند افزایشی بر درجه روز رشد لاین‌های کینوا وجود داشت و از تاریخ کاشت تیر تا مهر، روندی کاهشی مشاهده شد (شکل ۹). احتمال می‌رود که افزایش دما و طول روز در ۵ تاریخ کاشت اسفند تا تیر، عامل افزایش درجه روز رشد در تمامی مراحل بوده باشد و برای سایر تاریخ کاشت‌ها، عکس این موضوع صادق بود. کمترین مقدار اختلاف درجه روز رشد برای تغییر مراحل نموی در تمامی لاین‌ها در تاریخ کاشت شهریور و مهر و بیشترین در تاریخ کاشت خرداد بود. اما بیشترین اختلاف درجه روز رشد برای تغییر مراحل نموی لاین دیررس ۴ در تاریخ کاشت اردیبهشت مشاهده شد (شکل ۹). به نظر می‌رسد که افزایش طول روز و دماهای بالا در تاریخ کاشت‌های مذکور عامل تأخیر در مراحل نموی و افزایش درجه روز رشد لازم برای هر مرحله نموی است (Bertero, 2003). از تاریخ کاشت اسفند تا خرداد در لاین ۶ بعضی از مراحل نموی مانند خمیری نرم دانه، سفت شدن دانه و تغییر رنگ مشاهد نشد (شکل ۹). احتمال می‌رود که افزایش طول روز و دما در عدم گلدهی و تشکیل دانه موثر باشد.

نتایج نشان داد که درجه روز رشد مورد نیاز برای مرحلـه گلـدهی تمام لاین‌ها در تاریخ کاشت‌های مختلف، یکسان نیست (شـکل ۱۰). به نظر می‌رسد که تأثیر فتوپریود عامل ایجاد تفاوت در درجه روز رشد مورد نیاز مرحله گلدهی تاریخ کاشت‌های مختلف بود. با افزایش طول روز از اسفند تا تیر، درجه روز رشد گلدهی افزایش داشـت و از تـاریخ کاشت تیر تا مهر با کاهش طول روز، درجـه روز رشـد گلـدهی رونـد کاهشـی نشـان داد. در لایـن‌هـای ۴ و ۶ درجـه روز رشـد گلـدهی، به‌خصوص در طول روزهای بلند، بیشـتر از لایـن‌هـای دیگـر بـود. از تاریخ کاشت اسفند تا خرداد اختلاف درجه روز رشـد گلـدهی در بـین لاین‌ها زیاد و از تاریخ کاشت تیر تا مهر کم بود (شکل ۱۰).

نتایج نشان داد که درجه روز رشد مورد نیاز برای مرحله رسـیدگی دانه، در تمام لاین‌ها در تاریخ کاشت‌های مختلف، یکسان نبود (شکل ۱۰). همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شـد، تـاثیر فتوپریـود موجـب بـروز تفاوت در درجه روز رشد رسیدگی دانه در تاریخ کاشـت‌هـای مختلـف بود. روند تغییرات درجه روز رشد رسیدگی دانه در تـاریخ کاشـت‌هـای مختلف نشان داد که در طول روزهای بلند، (از تاریخ کاشت اسفند تـا اردیبهشت) درجه روز رشد رسـیدگی دانـه افـزایش یافـت و از تـاریخ کاشت خرداد تا مهر با کاهش طول روز، درجه روز رشد رسیدگی دانـه رونـد کاهشـی داشـت. لایـن ۴ بـه درجـه روز رشـد رسـیدگی دانـه، به‌خصوص در طول روزهای بلند، به میزانی بیشتر از لاین‌هـای دیگـر نیاز داشت. اختلاف درجه روز رشد رسیدگی دانـه در بـین لایـن‌هـا از تاریخ کاشت اسفند تا تیر زیاد و از تاریخ کاشت مرداد تـا مهرمـاه کـم بود (شکل ۱۰). احتمال می‌رود که طول روزهای بلند باعث ایجاد این اختلاف باشد.

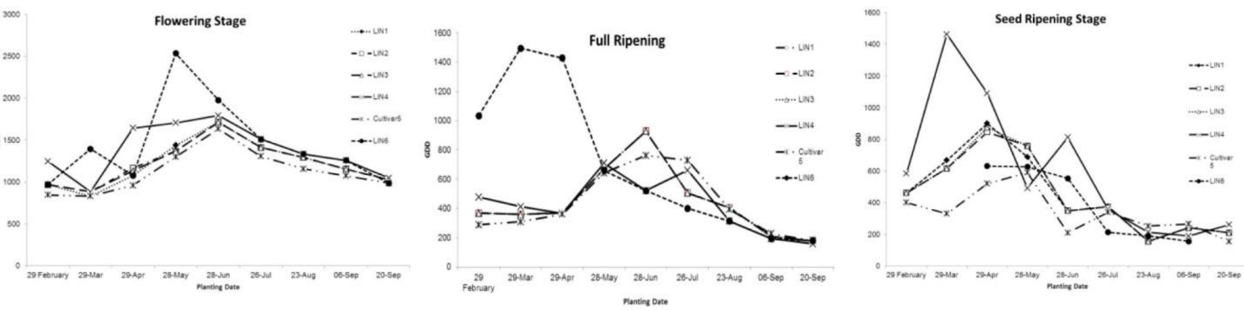
نتایج نشان داد که درجه روز رشد برداشت تمام لاین‌ها در تـاریخ کاشت‌های مختلف یکسان نبود (شکل ۱۰). به نظر می‌رسـد کـه اثـر فتوپریـود موجـب بـروز تفـاوت در درجـه روز رشـد برداشـت تـاریخ کاشت‌های مختلف شد. روند تغییرات درجه روز رشد برداشت در تاریخ کاشت‌های متفاوت نشان داد که در طول روزهای بلنـد، از اسـفند تـا تیر، درجه روز رشد برداشت افزایش داشت بـه اسـتثنای لایـن ۶ و از تاریخ کاشت تیر تا مهر با کاهش طول روز، درجه روز رشـد برداشـت روند کاهشی نشان داد. لاین ۶ به درجه روز رشد برداشت بیشـتری از لاین‌های دیگر، به‌خصوص در طول روزهای بلند، نیاز داشت. اختلاف درجه روز رشد برداشت در بین لاین‌ها در تاریخ کاشـت تیـر و مـرداد زیاد و از تاریخ کاشت شهریور تا مهرماه کم بود (شکل ۱۰).

نتایج نشان داد که درجه روز رشد گلدهی بـا افـزایش دمـا رونـد افزایشی داشت. کمترین درجه روز رشد گلدهی در دمـای بـین ۱۵ تـا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش دمـا ایـن مقـدار افـزایش یافـت (شکل ۱۱).



شکل ۹- درجه روز رشد مراحل مختلف نموی لاین‌های کینوا در تاریخ کاشت‌های مختلف

Figure 9- The GDD of different developmental stages of quinoa lines under different planting dates



شکل ۱۰- تاثیر تاریخ کاشت بر درجه روز رشد مراحل نموی لاین‌های کینوا

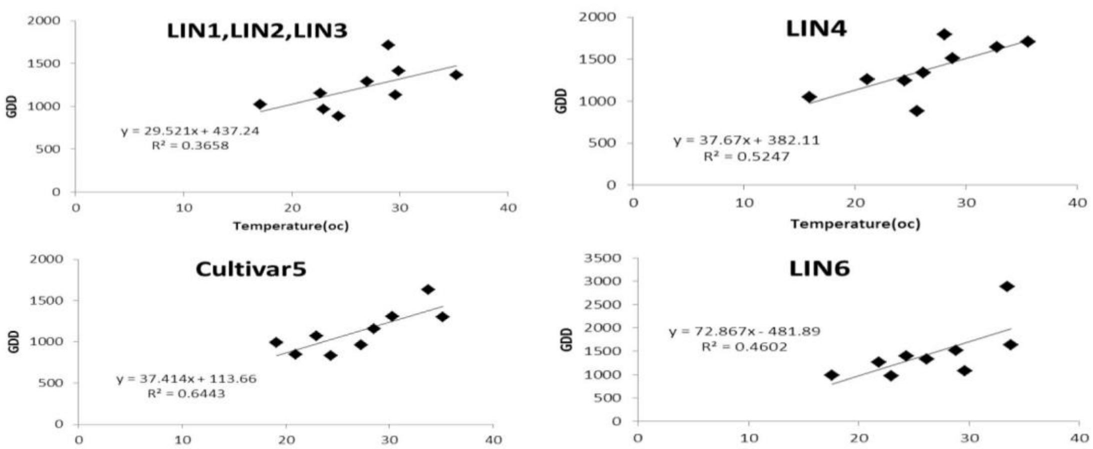
Figure 10- The effect of planting date on the GDD of developmental stages of quinoa lines

نتایج نشان داد تاثیر دما و طول روز بر مقدار درجه روز رشد گلدهی در لاین‌های ۱ تا ۵ متفاوت از لاین ۶ بود. به نحوی که در لاین ۱ تا ۵ درطول روزهای کوتاه برای تامین یک مقدار ثابت درجه روز رشد گلدهی، دماهای کمتر از طول روزهای بلند نیاز داشت. لاین‌های متوسطرس ۱، ۲ و ۳ از طول روز بین ۱۱/۵ تا ۱۲ ساعت، لاین دیررس ۴ ازطول روز ۱۲ ساعت و رقم زودرس ۵ از طول روز ۱۱/۵ ساعت با افزایش طول روز و یا کاهش طول روز به تبع آن دما می‌بایست افزایش داشته باشد تا مقدار ثابتی از درجه روز رشد گلدهی تامین شود (شکل ۱۲). محققین به این موضوع اشاره کردند که دما اثر جبران‌کنندگی برای طول روز دارد (Soltani *et al.*, 2009).

رابطه دما و طول روز بر مقدار درجه روز رشد گلدهی عکس هم بود یعنی با کاهش طول روز و افزایش دما مقدار درجه روز رشد گلدهی افزایش نشان داد (شکل ۱۲). در لاین ۶ از طول روز ۱۲/۵ ساعت برای تامین یک مقدار ثابت درجه روز رشد گلدهی با افزایش و یا کاهش طول روز به تبع آن دما می‌بایست کاهش یابد. احتمال می‌رود در طول روزهای بلند نمو لاین‌های ۱ تا ۵ در مناطق گرمسیری و لاین ۶ در مناطق سردسیری کامل خواهد شد (شکل ۱۲).

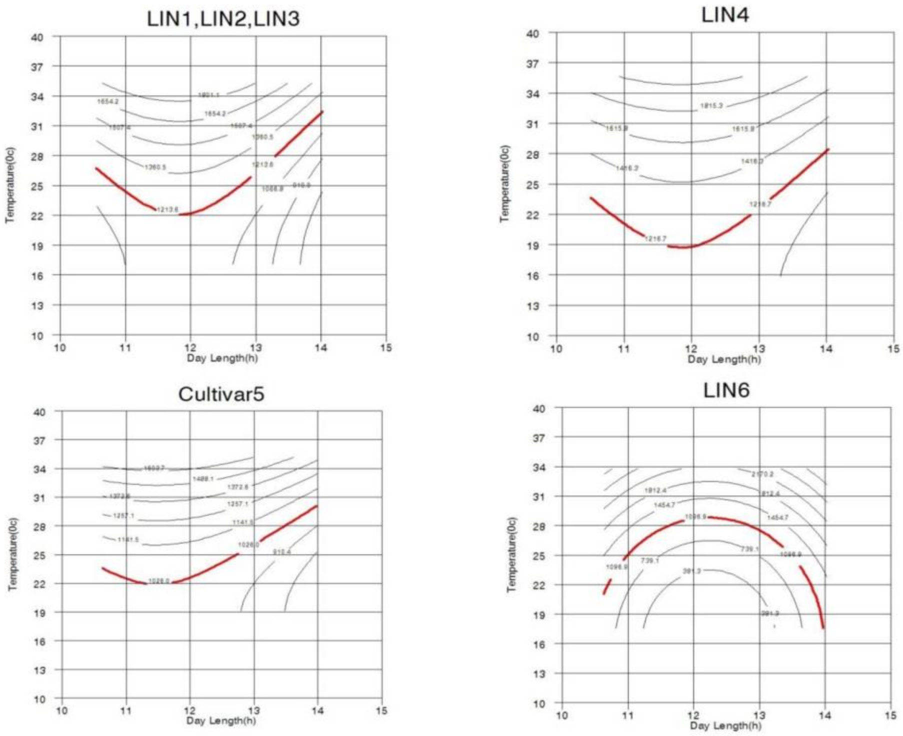
نتایج نشان داد که در لاین‌های ۱ تا ۵ و در طول روزهای کوتاه با افزایش طول روز و دما مقدار ثابت درجه روز رشد رسیدگی دانه تامین شد و در طول روزهای بلند بالعکس با افزایش طول روز می‌بایست دما کاهش یابد تا درجه روز رشد رسیدگی دانه تامین شود. در لاین ۶ برای تامین درجه روز رشد رسیدگی دانه در دماهای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در طول روزهای کوتاه با افزایش طول روز دما هم می‌بایست افزایش یابد و در دماهای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بالعکس است (شکل۱۳).

در لاین‌های ۱ تا ۵ دریک طول روز ثابت با افزایش دما مقدار درجه روز رشد رسیدگی دانه افزایش نشان داد و در لاین ۶ در یک دمای ثابت با افزایش طول روز مقدار درجه روز رشد رسیدگی دانه افزایش نشان داد (شکل ۱۳).



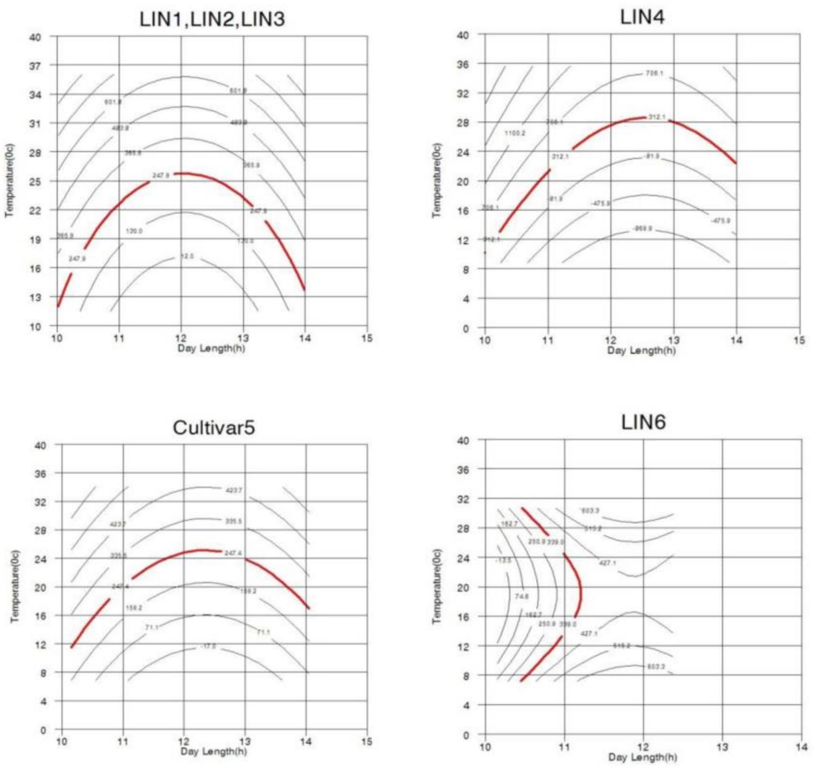
شکل ۱۱- رابطه دما و درجه روز رشد گلدهی در لاین‌های کینوا

Figure 11- The relationship between temperature and GDD of flowering in quinoa lines



شکل ۱۲- رابطه دما و طول روز با درجه روز رشد گلدهی در لاین‌های کینوا

Figure 12- The relationship between temperature and day length with GDD of flowering in quinoa lines



شکل ۱۳- رابطه دما و طول روز با درجه روز رشد رسیدگی دانه در لاین‌های کینوا

Figure 13- The relationship between temperature and day length with the GDD of grain ripening in quinoa lines

نتیجه‌گیری

کینوا گیاهی روز کوتاه است و از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانـه، تحت تاثیر طول روز قرار می‌گیرد. لاین متوسط رس ۶ نسبت به طول روز واکنش کیفی و سایر لاین‌ها واکنش کمی نشان دادند. بررسی اثر همزمان دما و طول روز نشان داد که دما اثر جبران‌کنندگی برای طول روز در مرحله گلدهی دارد. با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین تاریخ کاشت برای لایـن‌هـای زودرس ابتـدای شـهریور، برای لاین‌های متوسطرس نیمه مـرداد و بـرای لایـن‌هـای دیـررس ابتدای مرداد باشد. همچنین، نتایج نشان داد که لاین ۶، برای کشـت در مناطق سردسیر مناسب‌تر از سایر لاین‌ها است.

سپاسگزاری

هزینــه انجــام ایــن پــژوهش بــا شــماره ۳/۵۲۶۴۸ مصــوب ۱۳۹۹/۰۶/۱۹ توسط معاونت پـژوهش و فنـاوری دانشـگاه فردوسـی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

References

1. Adolf, V. I., Jacobsen, S. E., and Shabala, S. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environmental and Experimental Botany 92: 43-54.
2. Bertero, H. D. 2003. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International 19: 87-97.
3. Bunce, J. A. 2018. Thermal acclimation of the temperature dependence of the VCmax of Rubisco in quinoa. Photosynthetica 56: 1-6.
4. Christiansen, J. L., Jacobsen S. E., and Jørgensen, S. T. 2010. Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Acta Agriculturae Scandinavica 60: 539-544.
5. FAO. 2011. Quinoa; an ancient crop to contribute to world food security. 63p.
6. Garcia, M., Condori, B., and Castillo, C. D. 2015. Agroecological and agronomic cultural practices of quinoa in South America. Quinoa: Improvement and Sustainable Production: 25-46.
7. García-Parra, M. A., Roa-Acosta, D. F., Stechauner-Rohringer, R., García-Molano, F., Bazile, D., and Plazas-Leguizamón, N. 2020. Effect of temperature on the growth and development of quinoa plants (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review on a global scale. Sylwan 164 (5): 411-433.
8. Gonzalez, J. A., Rosa, M., Parrado, M. F., Hilal, M., and Prado, F. E. 2009. Morphological and physiological responses of two varieties of a highland species (*Chenopodium quinoa* Willd.) growing under near-ambient and strongly reduced solar UV-B in a lowland location. Journal of Photochemistry and Photobiology B. 96: 144-151.
9. Hirich, A., Choukr-Allah, R., and Jacobsen, S. E. 2014. Quinoa in Morocco–Effect of sowing dates on development and yield. Journal of Agronomy and Crop Science 200: 371-377.
10. Jacobsen, S., and Bach, A. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Seed Science and Technology 26: 515-523.
11. Jacobsen, S. 2017. The scope for adaptation of quinoa in Northern Latitudes of Europe. Journal of Agronomy and Crop Science 203: 603-613.
12. Karina, B. R., Stefania, B., Rómulo, O., Ian, S. A. R., Fabiana, A., Enrique, A. M. M., Amadou, C., Alipio, C. M., Milton, P., Andrés, Z. S., Didier, B., Sven, E. J., and Marco, A. M. M. 2014. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development 34: 349-359.
13. Keisling, T. C. 1982. Calculation of the length of day. Agronomy Journal 74: 758-759
14. Lavini, A., Pulvento, C., d'Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., İncekaya, Ç., Metin Sezen, S., Qadir, M., and Jacobsen, S.E. 2014. Quinoa's potential in the Mediterranean region. Journal of Agronomy and Crop Science 200: 344-360.
15. Nanduri, K. R., Hirich, A., Salehi, M., Saadat, S., and Jacobsen, S. E. 2019. Quinoa: A New Crop for Harsh Environments. Food and Bioprocess Technology. 301-333. Springer Nature Switzerland AG 2019 301 B. Gul et al. (eds.), Sabkha Ecosystems, Tasks for Vegetation Science VI, https://doi.org/10.1007/978-3-030-04417-6_19.
16. Präger, A., Boote, K. J., Munz, S., and Hönninger, S. G. 2019. Simulating growth and development processes of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): adaptation and evaluation of the CSM-CROPGRO model. Agronomy 2019, 9, 832. doi:10.3390/agronomy9120832. www.mdpi.com/journal/agronomy.
17. Salehi, M., Soltani, V., and Dehghany, F. 2019. The effect of planting date on phenological stages and yield of quinoa seeds in saline conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 12: 923-932.
18. Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in field crops. Press by Jahad Daneshgahi of Mashhad.
19. Yang, A., Akhtar, S. S., Amjad, M., Iqbal, S., and Jacobsen, S. E. 2016. Growth and physiological responses of quinoa to drought and temperature stress. Journal of Agronomy and Crop Science 202: 445-453.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 261-273

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۷۳-۲۶۱

The Response of Phenological Stages of Quinoa Promising Lines to Temperature and Photoperiod Regimes

Sh. Eghbali[1], M. Jahan[2*], M. Nassiri-Mahallati[2], M. Salehi[3]

Received: 06-03-2021
Accepted: 26-06-2021

Introduction

One of the important factors in the adaptation of plants to new environmental conditions is the appropriate response of development stages to temperature and photoperiod regimes. The thermal time, growing degree days (GDD) or heat unit concept is commonly the basis for modeling phenological development in crop models for different common crops and under-utilized crops. The GDD concept describes crop development as a function of temperature accumulation above the base temperature (lower limit) and in some cases below a cut off temperature (upper limit). Evaluation of plant photoperiod sensitivity is often beneficial help to use appropriate cultivars which in turn to ensure cultivation success. Considering that adaptation of quinoa to new regions demands acclimation to appropriate temperature range also day-length, this study aimed to investigation of quinoa response to Yazd weather condition as an arid region to assess the possibility of quinoa cultivation under these conditions.

Materials and Methods

This research was conducted through 10 separate experiments and were based on a randomized complete block design with three replications. The experimental treatment consisted of five lines (1, 2, 3, 4 and 5), and one cultivar (Titikaka) which belong to different maturing groups including early, middle and late maturing. Ten planting dates selected to be serial as following: March 29, April 29, May 28, June 28, July 26, August 23, September 6, September 20, January 29, and February 29. Every three days, phenological stages of each line including planting distance to each stage of development including emergence, four leaves, flower bud, panicle formation, pollination, seed filling, seed hardening and ripening were recorded accordingly. Using local weather data and equation 1 the needed GDD for every development stage was calculated:

$GDD= (T_{max}-T_{min})/2-T$ (1)

MS-Excel Ver. 15 was employed to arrange recorded data and required calculating. Fitting equations and plotting the graphs were done using Slide Write Ver. 2 and Minitab Ver. 20 software.

Results and Discussion

The results showed that the mean of flowering temperature up to seed formation stage was between 25 and 30 °C for five lines and was between 20 and 25 °C in cultivar 6. The mean length of photoperiod for flowering and seed formation stage of these lines was between 12 and 12.5 hours. The relationship between temperature and day length was inversely related to the number of days of flowering stage, i.e., with decreasing day length and increasing temperature, the number of days for flowering stage was increased. The time required for flowering stage, between 20 to 30° C, for the early maturing cultivar was about 35 days, for the middle maturing lines including 1, 2, 3 and 6 was about 40 days and for the late maturing line 4 was about 45 days. At temperatures higher than 30 °C, a decreasing trend was observed in the number of days required for flowering stage. From the budding stage to the end of the growth period, a significant difference in the GDD was observed for the quinoa lines. The GDD of quinoa was the highest (2530 °C) for late maturing line (4) and was the lowest (1805 °C) for the early maturing cultivar. The effect of planting date on the GDD of quinoa lines showed that moving from March planting date to July, there was an increasing trend on the GDD of quinoa lines and by moving from July planting date to October, a decreasing trend was observed.

Conclusions

In general, quinoa is a short-day plant which is affected by the day length from flowering to seed maturity stages. Line 6 responded qualitatively to day length; however, the other lines responses were quantitatively. The study of the simultaneous effect of temperature and day length showed that temperature has a compensatory effect for day length during flowering stage. According to the results, it seems that the most suitable planting date for early lines suggests in September, for middle maturing lines suggests in August and for late maturing lines suggests in August. The results also showed that line 6 is more suitable than other lines for cultivation in cold regions.

Keywords: Day length, Growing degree day, Mid-maturity, Sowing date, Thermal time

1- Ph.D. Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)
2- Professor of Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)
3- Assistant Professor of Iranian National Salinity Research Center, Yazd
(*- Corresponding Author Email: jahan@um.ac.ir)